

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Vlade Barun

ČESTINA TROPSKIH CIKLONA U SVIJETU

Prvostupnički rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Anita Filipčić

Ocjena: _____

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Čestina tropskih ciklona u svijetu

Vlade Barun, JMBAG: 0119030193

Prediplomski sveučilišni studij *Geografija; smjer: istraživački*

Izvadak: U radu je prikazana čestina tropskih ciklona u prošlosti kako bi se vidjelo koliko često se oni javljaju. Pokušalo se vidjeti postoje li određene promjene u čestini pod utjecajem klimatskih promjena ili čega drugoga. Prikazano je i javljanje tropskih ciklona u različitim dijelovima svijeta kako bi se vidjelo postoje li veće promjene u samo jednom području. Kasnije u radu je prikazan i utjecaj El Niño južne oscilacije kako bi se vidjeli i neki ostali procesi koji utječu na tropske ciklone. Pokazalo se da postoje različiti utjecaji na tropske ciklone i da je čestina njihovog javljanja uzrokovana nizom složenih procesa te da se još ne može sa sigurnošću tvrditi koliki je čovjekov utjecaj na njih.

27 stranica, 18 grafičkih priloga, 2 tablice, 13 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: tropski ciklon, čestina, ocean, temperatura, El Niño

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Anita Filipčić

Tema prihvaćena: 11.4.2017.

Datum obrane: 22.9.2017.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Bachelor Thesis

Frequency of Tropical Cyclones on Earth

Vlade Barun, JMBAG: 0119030193

Undergraduate University Study of *Geography*: course: *research*

Abstract: The paper presents a frequency of tropical cyclones in the past to show how often they occur. An attempt was made to see whether there was a certain change in the frequency of occurrence due to climate change or something else. Tropical cyclones appear in different parts of the world and that is shown here to see if there are any major changes in just one area. Later on, the influence of El Niño Southern Oscillation is also shown in order to see some other processes affecting tropical cyclones. It has been shown that there are different impacts on tropical cyclones and that the frequency of their occurrence is caused by a series of complex processes and that it can not yet be determined with certainty how much man's influence on them.

27 pages; 18 figures; 2 tables; 13 references; original in Croatian

Keywords: tropical cyclone, frequency, ocean, temperature, El Niño

Supervisor: Anita Filipčić, PhD, Associate Professor

Thesis submitted: 11.4.2017.

Thesis defense: 22.9.2017.

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. O TROPSKIM CIKLONIMA.....	2
3. ČESTINA TROPSKIH CIKLONA U DALJNJOJ PROŠLOSTI	5
4. NOVIJI UTJECAJI ČOVJEKA NA KLIMU I POVEZANOST S ČESTINOM TROPSKIH CIKLONA.....	6
5. PODRUČJA U KOJIMA SE JAVLJAJU TROPSKI CIKLONI.....	7
5.1.Tropski cikloni u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika.....	7
5.2.Tropski cikloni u sjevernom Atlantiku.....	12
5.3.Tropski cikloni u ostalim dijelovima sjeverne hemisfere.....	16
5.4.Tropski cikloni na južnoj hemisferi.....	20
6. UTJECAJ EL NIÑA NA TROPSKE CIKLONE.....	23
6.1. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u Atlantskom oceanu.....	23
6.2. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika.....	25
6.3. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u ostalim dijelovima svijeta	25
7. ZAKLJUČAK.....	27

1. UVOD:

U ovom će radu biti prikazana čestina tropskih ciklona u bližoj prošlosti, tj. od kada postoje podatci. Bit će rečeno nešto o njihovom javljanju u daljnjoj geološkoj prošlosti Zemlje i o utjecaju El Niña na njih. Ukoliko danas ima više tropskih ciklona nego prije sto ili dvjesto godina, to možda nije zbog novijih klimatskih promjena nego zbog sporih procesa na Zemlji koji uvijek uzrokuju cikličke promjene klime. Promjene klime imaju utjecaj i na tropske ciklone. Stoga treba, ako je moguće, razmotriti kako se mijenjala čestina tropskih ciklona kroz različita geološka razdoblja Zemlje. Teško je dobiti točne podatke o tome pa valja oprezno donositi zaključke. Ne postoje podatci o broju tropskih ciklona u daljnjoj prošlosti. Mjerenje i zapisivanje klimatskih elemenata je novija pojava u Zemljinoj povijesti. Rad će se, dakle, usredotočiti na područja Zemlje koja su zahvaćena tropskim ciklonima i u većoj mjeri na prošlo i ovo stoljeće zbog nedostatka podataka za starija razdoblja.

Ljudi danas više slušaju i čitaju o tropskim ciklonima zbog razvoja tehnologije i interneta. Razni mediji često znaju pisati o njima te se među ljudima stvara dojam da se oni javljaju češće i da su razorniji. Osim toga, u medijima se često piše i o globalnom zatopljenju i stoga ljudi koji nisu stručnjaci imaju dojam da se tropski cikloni javljaju češće nego. Na prvi je pogled lako zaključiti kako njihov broj raste.



Sl. 1. Satelitska snimka tropskog ciklona

Izvor: NASA

Glavni cilj rada je prikazati čestinu tropskih ciklona u različitim dijelovima svijeta, a zatim vidjeti postoje li možda određene promjene u čestini, pod utjecajem klimatskih promjena i zagrijavanja mora ili čega drugoga te postoje li određena područja na Zemlji u kojima je došlo do znatnijeg porasta njihovog nastajanja ili jačine. Ne postoje dva razdoblja koja bi se mogla usporediti, ali proučavanjem broja tropskih ciklona, ponajprije u razdoblju otkada postoje podatci, mogu se donijeti određeni zaključci. U radu je korištena metoda deskripcije. Upotrijebljena je za opis ciljeva rada i objašnjavanje u ostatku rada. Upotrijebljena je statistička metoda. Statistički podatci preuzeti su sa stranica koje prikazuju broj tropskih ciklona u godinama ovog i prošlog stoljeća, kao npr. *Naval Oceanography Portal* koji prikazuje podatke koje prikuplja i objavljuje američki *Joint Typhoon Warning Center*. Upotrijebljena je statistička metoda pokretnih srednjaka kako bi se, prilikom prikazivanja broja tropskih ciklona, umanjila izrazita odstupanja od prosjeka u pojedinim godinama. Kartografska metoda je upotrijebljena kako bi se lakše shvatili i vizualno doživjeli procesi o kojima se govori. U radu je uspoređen broj tropskih ciklona u različitim područjima Zemlje kako bi se došlo do određenih zaključaka. Od literature se uglavnom koristila strana literatura, a u manjoj mjeri domaća.

2. O TROPSKIM CIKLONIMA

Tropski cikloni su najintenzivnije nepogode na Zemlji, to su sustavi u atmosferi s vrtložnim strujanjem zraka, promjera najčešće od 200 do 1000 kilometara. Iz samoga naziva može se zaključiti kako nastaju u tropskim širinama. Kada skrenu u više geografske širine, gube se nad kopnom ili hladnijim morem. Obilježja tropskih ciklona su nagli pad tlaka od ruba prema središtu u kojem je tlak zraka često niži od 950 hPa, jak vjetar, brzina vjetra veća od 119 km/h te u najjačim tropskim ciklonima može dosegnuti i 250 km/h, kao i veća količina kiše. Količine kiše nisu uvijek goleme, nerijetko su one normalne za krajeve u kojima se pojavljuju. U različitim dijelovima svijeta za tropski ciklon postoje različiti nazivi, na zapadnim obalama sjevernog Pacifika i u južnom Pacifiku zovu se tajfuni, na Filipinima *baguios*, u istočnom dijelu sjevernog Pacifika, u Srednjoj Americi i na Atlantiku harikeni, u Indijskom oceanu cikloni, a u Australiji *willy-willies* (Šegota i Filipčić, 1996).

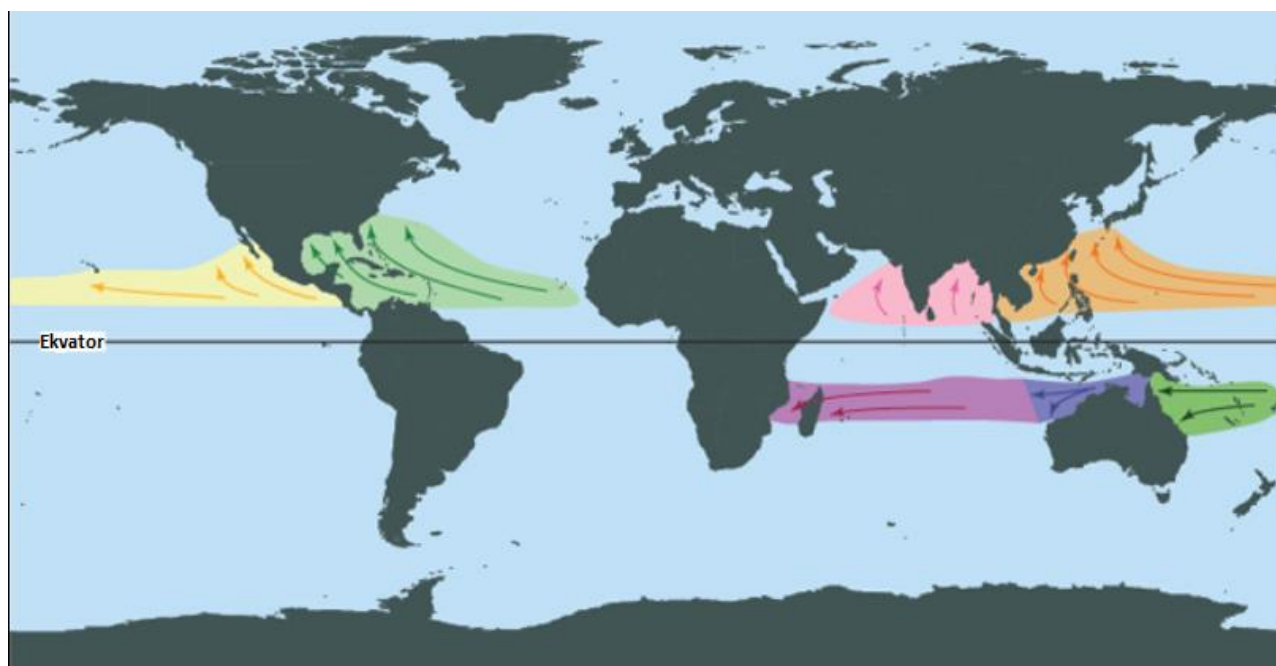
Klasifikacija tropskih ciklona, koja je u upotrebi od 1950-ih godina, temelji se na brzini vjetra. Prema Saffir-Simpsonovoj ljestvici, ciklon kategorije 1 „najblaži“ je, a

karakteriziraju ga vjetrovi brzine od minimalno 120 km/h; najjači je onaj kategorije 5 čija brzina vjetra prelazi 250 km/h.

Treba razlikovati brzinu kretanja tropskog ciklona od brzine vjetra u njemu. Tropski se cikloni gibaju polako, prosječna dnevna brzina njihova gibanja iznosi 16-24 km, a mogu trajati u prosjeku 6 dana. Samo u izuzetnim slučajevima mogu trajati svega nekoliko sati ili pak i do dva tjedna. Opći smjer kretanja im je od istoka prema zapadu, na sjevernoj hemisferi skreću prema sjeveru, a na južnoj prema jugu (Šegota i Filipčić, 1996).

Približno godišnje nastane oko 80 tropskih ciklona. U kraćim razdobljima postoje odstupanja između pojedinih godina. Obično nastaju na mjestima gdje je temperatura površine mora viša od 26 °C. Osim temperature, uvjeti koji su važni za nastanak tropskih ciklona su velika relativna vlažnost zraka, malo smicanje vjetra, uvjetna nestabilnost i pojačana vrtložnost u donjoj troposferi. Vrtložnost je povećana u zoni intertropske konvergencije. U Atlantiku tropski cikloni većinom nastaju u kolovožu, rujnu i listopadu, u istočnom Pacifiku nastaju u srpnju i kolovožu. U sjeverozapadnom Pacifiku mogu nastati u bilo kojem mjesecu u godini, ali češći su ljeti. U ostalim područjima nastaju ljeti, tj. u toplijoj polovici godine (Schneider i dr., 2011).

Važna je geografska raspodjela područja u kojima nastaju i preko kojih prelaze tropski cikloni (sl. 2).



Sl. 2. Geografska raspodjela područja u kojima nastaju tropski cikloni i njihov smjer kretanja

Izvor: Disaster Readiness Portal

Osim područja nad kojima nastaju, važni su i za područja po kojima se kreću. U nekim od ovih područja javlja se više tropskih ciklona nego u ostalima pa je tako jugozapadni dio sjevernog Pacifika područje s najviše tropskih ciklona. Tropski cikloni se u svijetu ne javljaju toliko često, ali neki od njih su dosta razorni i imaju utjecaj na društvo i gospodarstvo, stoga je važno pratiti njihovu čestinu. Osim jakog vjetra, velike štete uzrokuje i tzv. olujni val, voda koja je „gurana“ vjetrom poplavljuje obalu. Tada je problem i izlivanje rijeka koje ne mogu utjecati u more.

Godišnja šteta od tropskih ciklona iznosi oko 1.5 milijardu američkih dolara, a broj ljudskih žrtava kreće se od 15 000 do 23 000. Ove brojke ukazuju na to koliko su razorni tropski cikloni, a svako povećanje njihovog javljanja ili povećanje njihove jačine imalo bi nesagledive posljedice (Royer i dr., 1998).

Razoran utjecaj nekih tropskih ciklona koji su se javili u 20-om i ovom stoljeću doveo je neke znanstvenike do zaključka da oni postaju češći i jači zbog klimatskih promjena i zagrijavanja mora. Oni se razvijaju nad toplim morem, a zagrijavanjem Zemlje bit će veći udio mora s temperaturama koje podržavaju nastajanje tropskih ciklona. Naziv tropski ciklon ukazuje na to da oni nastaju u tropskim širinama, iako ciklone koje imaju slična obilježja kao i tropski cikloni mogu nastati i u nekim drugim dijelovima svijeta pa tako, primjerice, i u Sredozemnom moru gdje se za njih koristi naziv *medicane*. Naziv je skraćenica engleskog pojma *mediterranean hurricane*. Ipak, prostor koji će se promatrati jesu tropske širine, tj. sva ona područja koja su zahvaćena tropskim ciklonima.

Promatranjem broja tropskih ciklona u prošlom i ovom stoljeću, tj. otkad postoje podatci, u različitim godinama možemo vidjeti kako se mijenjala čestina tropskih ciklona i postoje li pravilne izmjene u nizu od nekoliko godina. Osim samog broja tropskih ciklona, važno je uzeti u obzir i njihovu jačinu jer u jednoj godini može biti manje tropskih ciklona, ali oni mogu biti jači što je značajno jer će njihov utjecaj na društvo i gospodarstvo pogođenih područja biti veći.

Kad se proučavaju tropski cikloni, potrebno je u obzir uzeti razne čimbenike pa tako npr. i El Niño o kojem se ne piše toliko često kada se spominju tropski cikloni. Smatra se da ima utjecaj na javljanje tropskih ciklona. Iako se javlja u Tihom oceanu, istraživanja pokazuju da El Niño ima utjecaj na klimu cijele Zemlje i stoga je u proučavanju tropskih ciklona važno u obzir uzeti i El Niño. Osim El Niña u obzir je potrebno uzeti i druge čimbenike koji utječu na tropske ciklone.

3. ČESTINA TROPSKIH CIKLONA U DALJNJOJ PROŠLOSTI

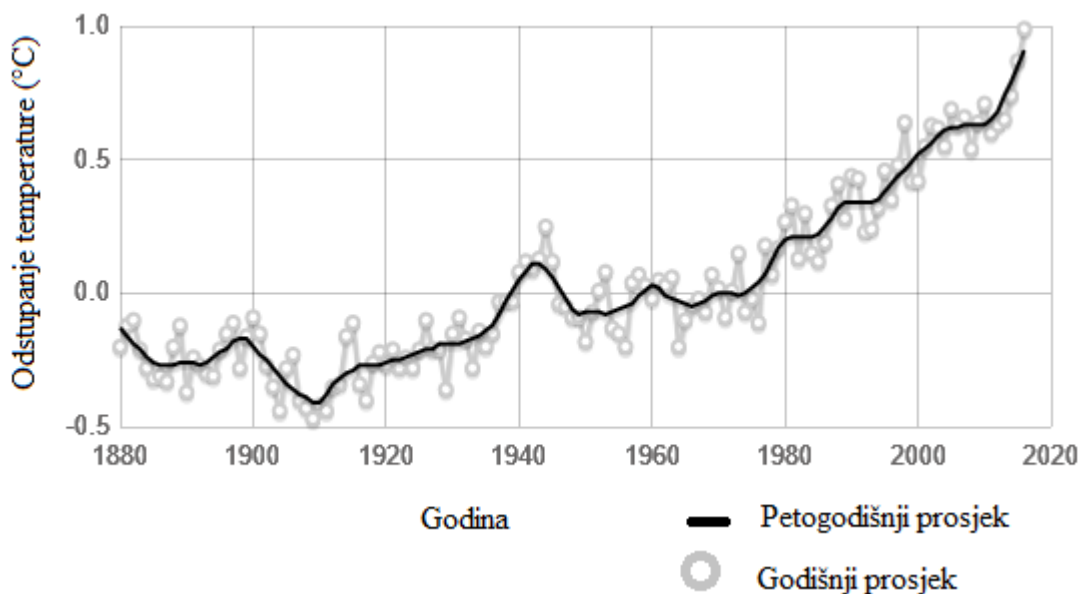
Kako bismo vidjeli postoje li promjene u čestini tropskih ciklona, potrebno je vidjeti kolika je bila njihova čestina u prošlosti. Valja promatrati dulja razdoblja kako bi se dobila prosječna slika o njihovoj čestini u nizu od nekoliko godina. Najviše podataka postoji o ciklonima u bližoj prošlosti, ali se putem pojedinih metoda može doći do određenih zaključaka o čestini tropskih ciklona u daljnjoj prošlosti.

Znanstvenici koriste razne geološke metode, poput proučavanja sedimenata ili kisikovih izotopa u padalinama iz tropskih ciklona koje su zadržane u stalagmitima u špiljama, godovima stabala ili koraljima. Metodama se htjelo saznati koliko su se tropski cikloni često javljali u pojedinim geološkim razdobljima Zemlje. Metodom proučavanja izotopa kisika zaključeno je da se na području Australije, točnije u SI Queenslandu, tropski cikloni danas javljaju rjeđe nego u bilo kojem razdoblju u posljednjih 1500 godina. Metodom proučavanja sedimenata na području Atlantika pokazalo se da su se tropski cikloni javljali češće u razdoblju prije približno 1700 do približno 600 godina od danas, a rjeđi su bili prije toga razdoblja i nakon, tj. prije 300-te godine i u posljednjih 600 godina. Postoje i istraživanja koja su pokazala da su se tropski cikloni javljali i u hladnijim dobima jednako često kao i danas pa tako, na primjer, i u posljednjem glacijalnom maksimumu kada su nastajali i nad vodama čija je temperatura površine bila niža od 26 °C (Walsh i dr., 2015).

Iz rezultata ovih istraživanja uočava se kako je teško odrediti čestinu tropskih ciklona u daljnjoj prošlosti. Kada se promatra posljednjih 2000 godina, može se govoriti o dugotrajnim razdobljima od po nekoliko stotina godina kada su bili češći ili rjeđi. Nemoguće je odrediti oštru granicu, tj. godinu ili desetljeće kada je došlo do povećanja ili smanjenja broja tropskih ciklona. Osim toga, na različitim dijelovima Zemlje njihov maksimum nije bio u istim razdobljima što dodatno otežava prikazivanje njihove čestine. S pravom se možemo zapitati kolika je točnost rezultata istraživanja o broju tropskih ciklona u dalekoj prošlosti. Još teže je govoriti o čestini tropskih ciklona u nekim davnijim geološkim razdobljima jer je teško istražiti koliko ih je bilo. Kada bi bilo moguće znati koliko su se često javljali od nastanka Zemlje do danas, bilo bi lakše donositi zaključke i pretpostavke o njihovom javljanju danas i u budućnosti. Spomenuta istraživanja nam daju određenu sliku o javljanju tropskih ciklona u daljnjoj prošlosti.

4. NOVIJI UTJECAJI ČOVJEKA NA KLIMU I POVEZANOST S ČESTINOM TROPSKIH CIKLONA

Gledajući Zemljinu prošlost vidimo da se tropski cikloni nisu uvijek javljali jednako često. Uvijek su postojala određena kolebanja, oni su u različitim područjima Zemlje mogli imati različitu čestinu i snagu. Cikloni se i danas ne javljaju svuda jednako često. Klimatske promjene pod utjecajem čovjeka su samo jedan mogući čimbenik koji djeluje na njihovu čestinu, uzimajući u obzir to da oni nastaju nad toplijim vodama, a čovjek je utjecao na globalnu temperaturu mora i zraka. S druge strane, klimatske promjene pod utjecajem čovjeka su recentna pojava uzimajući u obzir Zemljinu prošlost. Stoga će se možda njihov utjecaj na klimu pa tako i na čestinu tropskih ciklona tek osjetiti u budućnosti. Ne možemo reći kada je točno počelo globalno zatopljenje pod utjecajem čovjeka. Određeni porast temperature zabilježen je puno puta u prošlosti pa tako i u 20-om stoljeću, a taj posljednji porast temperature dovodi se u vezu s utjecajem čovjeka (sl. 3).



Sl. 3. Prosječne temperature zraka na Zemlji u odnosu na prosjek razdoblja 1951-1980

Izvor: Nasa

Koncentracija ugljičnog dioksida u atmosferi se povećala. Vrijednosti od 385 ppm iz 2009. godine su oko 36 % veće od vrijednosti iz predindustrijskog doba, a najveći porast koncentracije bilježi se nakon 1970. Promatranja koja se vrše od 1850-ih su pokazala kako se globalna temperatura povisila. Postojale su dvije faze, od 1910-ih do 1940-ih s

povećanjem od oko 0.35 °C i od 1970-ih do danas s povećanjem od oko 0.55 °C. Temperature površina oceana su također porasle u ovom razdoblju, iako na temperature oceana utječu i El Niño i La Niña pa uvijek postoje određena kolebanja (Schneider i dr., 2011).

Porastom ugljikovog dioksida i ostalih stakleničkih plinova u atmosferi Zemlja se zagrijava jer se mijenja sastav atmosfere, toplina se gubi sporije. Zagrijavanjem zraka i mora postoji mogućnost za lakši razvoj tropskih ciklona, no ne možemo odmah zaključiti da se oni javljaju češće zbog toga. Ipak, možemo prikazati čestinu tropskih ciklona u pojedinim područjima Zemlje i vidjeti koliko često se javljaju i postoje li kakve promjene u čestini u razdoblju od kada postoje zapisani podatci.

5. PODRUČJA U KOJIMA SE JAVLJAJU TROPSKI CIKLONI

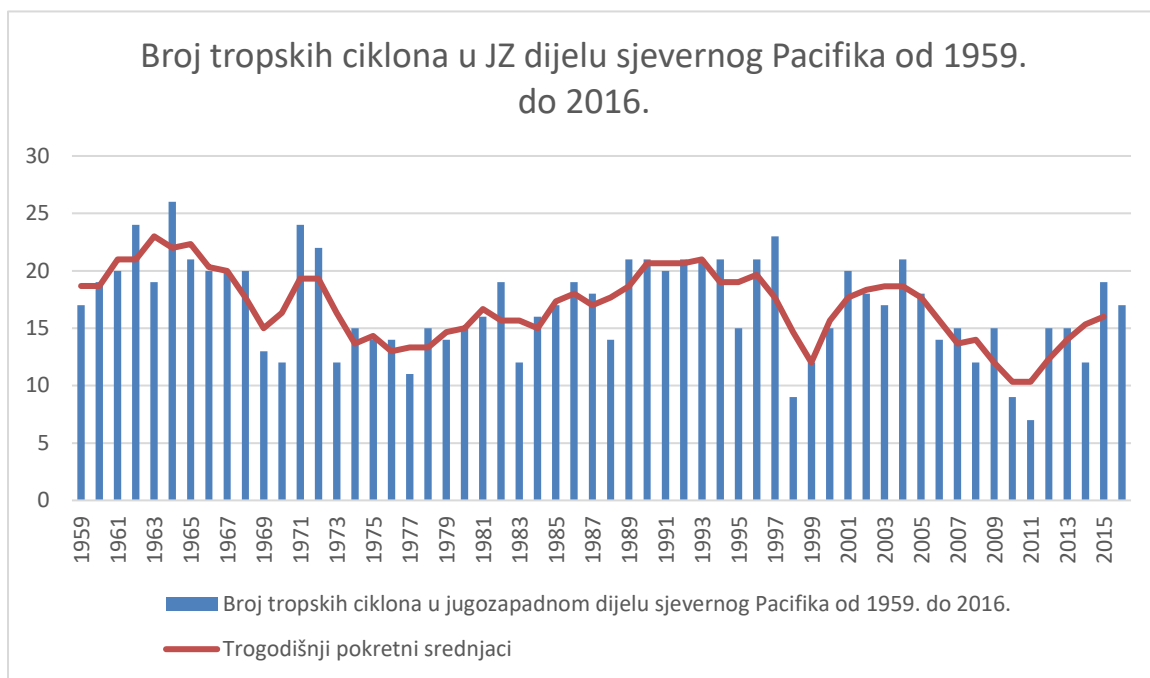
5.1. Tropski cikloni u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika

Naziv za tropski ciklon u ovom dijelu svijeta je tajfun. Ne postoji sezona njihova javljanja. Mogu se javiti u bilo kojem dijelu godine, ali češći su u toplijem dijelu godine. Područje je to s najviše tropskih ciklona na Zemlji, čak trećina njih javlja se ovdje.

Prema podacima i zapažanjima iz Kine (China Meteorological Administration), Hong Konga (Hong Kong Observatory), i Japana (Regional Specialized Meteorological Center Tokyo) za ovo područje pokazalo se da postoje određena odstupanja u javljanju i jačini tropskih ciklona. Izmjene se javljaju svakih 10-ak godina te ne postoji pravilno kretanje broja ciklona. Isti ti podatci pokazuju i smanjenje čestine tropskih ciklona u novije vrijeme, ali ne u značajnijoj mjeri. S druge strane, postoje istraživanja i podatci koji ukazuju na sve veći broj tropskih ciklona u ovom području. Analizama podataka iz Japana neki su stručnjaci došli do zaključka da se od 1984. god. javlja manji broj tropskih ciklona, ali da su oni snažniji. Postoje i razlike u pojedinim dijelovima ovog područja. U Južnom kineskom moru došlo je do smanjenja dok je na istočnim obalama Kine došlo do povećanja broja tropskih ciklona u posljednjih 40-ak godina. Ove promjene povezuju se s lokalnim promjenama cirkulacije u Istočnoj Aziji i zapadnom Pacifiku. U posljednjih 30-ak godina primijećeno je i da tropski cikloni svoj maksimum dostižu nešto sjevernije nego prije (Walsh i dr., 2015).

Donekle različiti zaključci raznih istraživanja koji se dobivaju analizom istih podataka razlog su zašto proučavanje tropskih ciklona nije posve jednostavno, ali pogledom na

podatke može se jasno vidjeti čestina njihovog javljanja po godinama (sl. 4).



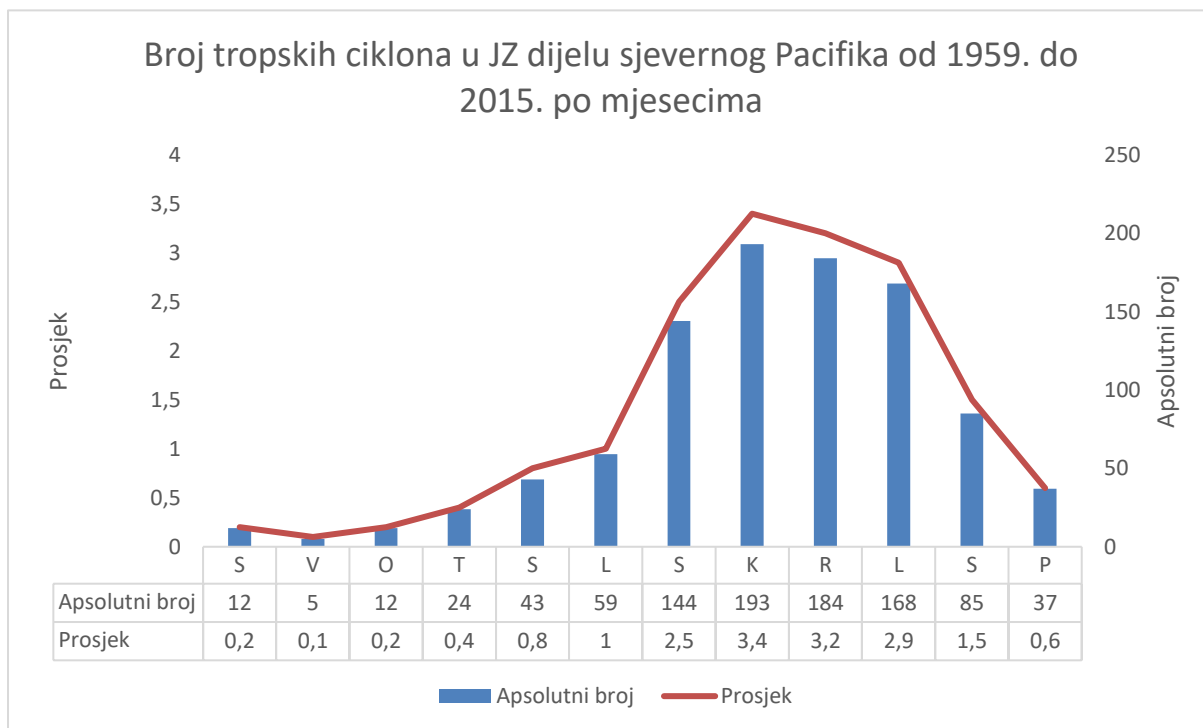
Sl. 4. Broj tropskih ciklona u JZ dijelu sjevernog Pacifika od 1959. do 2016., (neprekinuta brzina vjetra u 1 minuti veća od 119 km/h) i trogorodišnji pokretni srednjaci
Izvor: izradio autor, podatci (Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center)

Slika prikazuje broj tropskih ciklona. Brzina je bila ≥ 119 km/h. Najviše tropskih ciklona javilo se 1964., i to čak njih 26, dok ih se najmanje javilo 2011., njih 7. Pogledom na grafikon ne uočava se pravilnost pojave tropskih ciklona niti kontinuirani rast ili pad njihove pojave od neke određene godine. Ističu se 90-e godine prošlog stoljeća kada je čak šest godina zaredom bilo više od 20 tropskih ciklona, što je iznad prosjeka za ovo razdoblje. Prosjek iznosi oko 17 tropskih ciklona godišnje. Trogorodišnji pokretni srednjaci pokazuju da je maksimum tropskih ciklona bio početkom 1960-ih. Pokazuju i da je početkom 1990-ih bilo aktivnije razdoblje. Pokretni srednjaci ukazuju na smanjenu aktivnost posljednjih 20-ak godina i nešto veće fluktuacije. Osim tropskih ciklona, čiji je broj prikazan na slici, u istom području javljaju se tropske oluje i tropske depresije. Sve tropske oluje ne prelaze u tropske ciklone. Godine s više tropskih oluja imaju i više tropskih ciklona pa je tako i 1964., kada je bilo 26 tropskih ciklona, bilo još 13 tropskih oluja i 5 tropskih depresija, što je sveukupno 44 tropskih poremećaja. Postoje i godine u kojima je bilo malo tropskih ciklona u odnosu na ukupan broj poremećaja. Tako je 2011. od 27 oluja samo njih 7 prešlo u kategoriju tropskog ciklona

dok je 2006. od istog broja poremećaja, 27, njih 14 prešlo u tropski ciklon. Godina 2011. je jedna od rijetkih godina u kojoj je bilo više tropskih oluja nego tropskih ciklona. Ovo je područje dosta podložno stvaranju tropskih ciklona. Vidimo da dosta oluja prijeđe u ciklon.

Tropski cikloni se ovdje formiraju najčešće na mjestima gdje pušu vjetrovi istočnog smjera u gornjoj troposferi. Rjeđe nastaju gdje su vjetrovi u gornjoj troposferi zapadnog smjera. Čak 80 do 85 % tropskih ciklona nastaje na polarnoj strani intertropske konvergencije (Gray, 1975).

U ovom dijelu svijeta tropski cikloni se mogu javiti u bilo kojem dijelu godine. Češći su u toplijem dijelu godine (sl. 5).

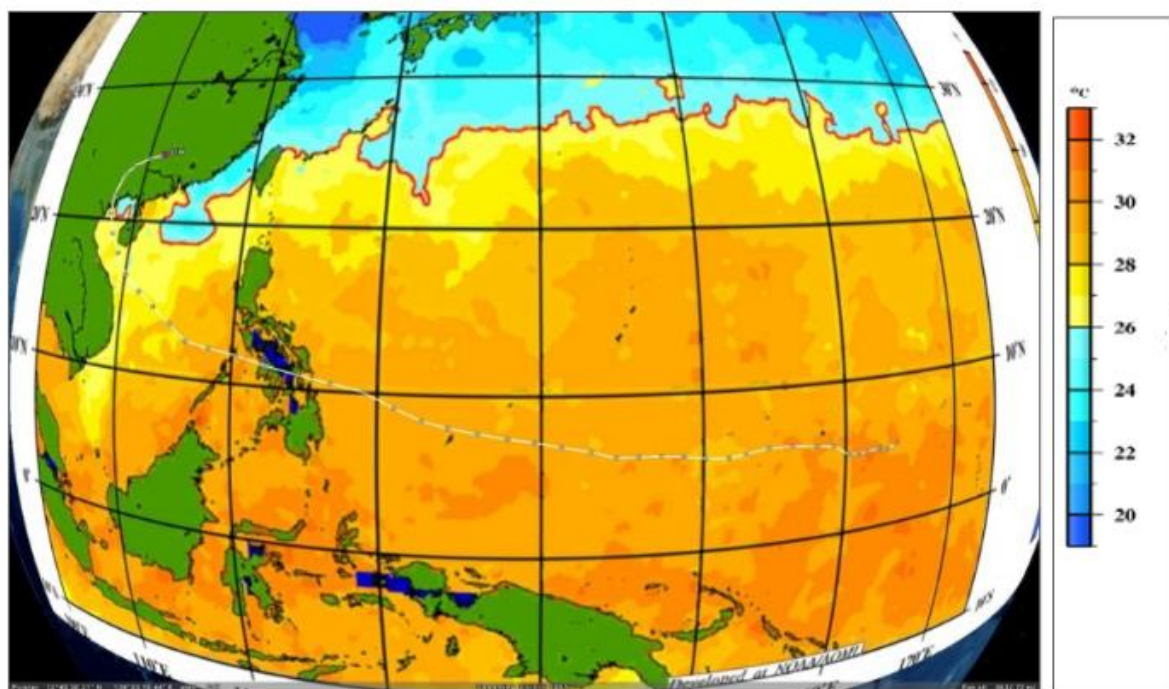


Sl 5. Broj tropskih ciklona u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika od 1959. do 2015. po mjesecima

Izvor: izradio autor, podatci (Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center)

Najviše tropskih ciklona javlja se ljeti i to u kolovozu koji je najtopliji mjesec u maritimnim klimama. Najmanje ih se javlja u veljači koja je najhladniji mjesec maritimnih klima, naravno, na sjevernoj hemisferi. Vidljivo je da se u JZ dijelu sjevernog Pacifika mogu javiti u bilo kojem dijelu godine, ali njihova javljanja zimi su rijetkost, u veljači se pojave svakih 10-ak godina.

Jedan od snažnijih tajfuna koji se javio posljednjih godina je tajfun Haiyan iz 2013. godine. Tajfun se formirao u studenom. U vrlo kratkom razdoblju brzina vjetra se naglo povećala. Stvaranju tajfuna je pogodovalo to što je temperatura površine oceana na većem dijelu njegove putanje tada bila veća od 29 °C (sl. 6). Pogodio je Filipine, a kada je došao na kinesko kopno brzo je nestao.



Sl. 6. Temperatura površine mora i putanja tajfuna Haiyan

Izvor: Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center

Tajfun Haiyan bio je jedan od najsnažnijih tajfuna koji su ikad pogodili kopno. To nam pokazuje brzina vjetra koju je imao. Stvaranje snažnog tajfuna zbog toplijeg mora pokazuje da povećanjem temperature oceana može doći do stvaranja snažnijih tropskih ciklona. Ovako snažni tajfuni javljali su se i prije pa se tako tajfun Tip iz 1979. godine smatra jednim od najjačih tajfuna i tropskih ciklona uopće, od kada postoje podatci. Usporedimo li te dvije godine u sjevernom dijelu JZ Pacifika (1979. i 2013.) vidimo da se u njima javio otprilike jednak broj tajfuna, 14 ih je bilo 1979., a 2013. njih 15, 2013. je bilo nešto više ostalih tropskih poremećaja koji se nisu razvili u tajfune, ali ništa značajno. Ako usporedimo brzine vjetra, tj. jačinu tropskih ciklona iz 1979. i 2013. (tab. 1) godine vidimo da su otprilike bili slični, čak je 1979. prosjek nešto malo veći. Usporedbom ovih dviju godina ne opaža se neka znatnija promjena u čestini i intenzitetu tropskih ciklona pod utjecajem klimatskih promjena. Vratimo li se još dalje u prošlost i

pogledamo 1959. godinu, vidimo da su tajfuni u prosjeku imali snažnije vjetrove nego 1979. ili 2013., čak je bilo i nekoliko njih koji su bili gotovo snažni kao tajfun Haiyan, iako je točnost podataka iz 1959. manje pouzdana od podataka iz 2013. godine (Naval Oceanography Portal).

Premda ne možemo zaključiti koliko su se često javljali tropski cikloni u određenom desetljeću ili nešto dužem razdoblju, pogledom na samo jednu godinu toga desetljeća, ove tri godine nam pokazuju da je i prije 50-ak godina bilo jednako aktivnih godina kao i danas. Tajfuni s brzinom vjetra većom od 240 km/h (1-min) nazivaju se supertajfuni. To su tajfuni koji su na Saffir-Simpsonovoj ljestvici označeni brojem 4 i 5, a nekoliko takvih bilo je i u spomenutim godinama. Brzina vjetra u tropskim ciklonima mjeri se na 10 metara iznad tla i prikazuje prosječnu neprekinutu brzinu u razdoblju od 10 minuta. To je mjerenje po preporuci Svjetske meteorološke organizacije. Američki National Weather Service mjeri brzinu vjetra u razdoblju od 1 minute. Valja razlikovati o kakvom mjerenju se radi jer su brzine dobivene mjerenjem u razdoblju od 1 minute 14 % veće nego one kada se uzme razdoblje od 10 minuta za isti ciklon. Tajfun Haiyan imao bi brzinu vjetra od 230 km/h kada bi bili prikazani podatci mjerenja od 10 minuta.

Tajfuni 1959.	Tajfuni 1979.	Tajfuni 2013.
Amy 120 km/h	Mac 130 km/h	Rumbia 130 km/h
Billie 148 km/h	Cecil 148 km/h	Trami 139 km/h
Iris 167 km/h	Ellis 157.5 km/h	Pabuk 167 km/h
Ellen 185 km/h	Bess 167 km/h	Fitow 167 km/h
Emma 204 km/h	Irving 167 km/h	Wutip 185 km/h
Georgia 222 km/h	Lola 167 km/h	Nari 185 km/h
Patsy 222 km/h	Alice 204 km/h	Krosa 194.5 km/h
Freda 222 km/h	Owen 204 km/h	Danas 222 km/h
Louise 231.5 km/h	Sarah 204 km/h	Wipha 222 km/h
Tilda 241 km/h	Abby 204 km/h	Soulik 231.5 km/h
Harriet 241 km/h	Hope 241 km/h	Utor 241 km/h
Charlotte 268.5 km/h	Judy 250 km/h	Usagi 250 km/h
Gilda 279 km/h	Vera 259 km/h	Francisco 259 km/h
Dinah 287 km/h	Tip 305.5 km/h	Lekima 259 km/h

Sarah 305.5 km/h		Haiyan 315 km/h
Vera 305 km/h		
Joan 315 km/h		

Tab. 1. Tropski cikloni u JZ dijelu sjevernog Pacifika 1959., 1979, i 2013. godine s maksimalnom zabilježenom neprekinutom brzinom vjetra u 1 minuti

Izvor: izradio autor, podatci(Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center)

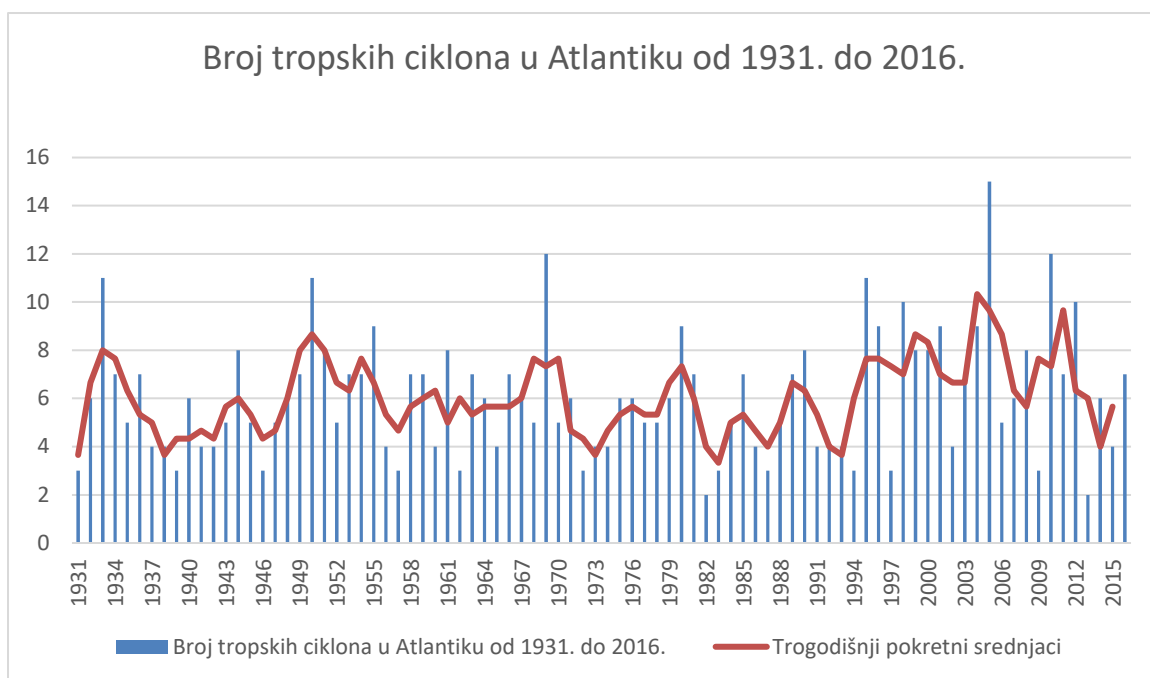
5.2. Tropski cikloni u sjevernom Atlantiku

Tropski cikloni u ovom dijelu svijeta nazivaju se harikeni. Javljaju se najčešće ljeti i u jesen. Za razliku od Pacifika, ovdje se ne javljaju toliko često, a zimi su potpuna rijetkost.

Povećanje temperature površine mora i moguće povećanje broja i snage tropskih ciklona u Atlantiku od 1950-ih su ukazali da klimatske promjene možda utječu na čestinu tropskih ciklona u ovom području. Povećana aktivnost tropskih ciklona dovodi se u vezu s povećanjem temperature površine mora. S druge strane neki stručnjaci smatraju da promjena prostorne raspodjele temperature površine vode u Atlantskom oceanu može biti značajna za aktivnost tropskih ciklona (Bender i dr., 2010).

Za razliku od Pacifika, u Atlantiku su različiti podatci i njihove analize podudarniji i vidljivije je da postoji određeno povećanje aktivnosti tropskih ciklona u posljednjih nekoliko desetljeća. Povećanje se po nekima javlja od 1970-ih. I u Atlantiku postoje odstupanja kroz desetljeća, nekad je bilo više tropskih ciklona, a nekad manje. Aktivnije razdoblje bilo je od sredine 1870-ih do kraja 1890-ih, kao i od sredine 1940-ih do kraja 1960-ih. Smatra se da se od kraja 1990-ih ponovno ušlo u period sličan tim dvama prošlim, aktivnijim razdobljima. Postoji sve veća sigurnost da ispuštanje stakleničkih plinova uzrokuje povećanje broja tropskih ciklona, npr. u usporedbi s 1970-im i 80-im godinama kada je bilo nešto slabije aktivno razdoblje. Ljudska aktivnost nije jedini čimbenik koji utječe na temperature mora i tropske ciklone. Utječu i promjene u cirkulaciji zraka, kretanje termohalinske pokretne trake u oceanu, vulkanske erupcije, prodor pijeska iz Sahare i sl. (Walsh i dr., 2015).

Postoje izrazite razlike u broju tropskih ciklona u pojedinim godinama unazad 80-ak godina (sl. 7).



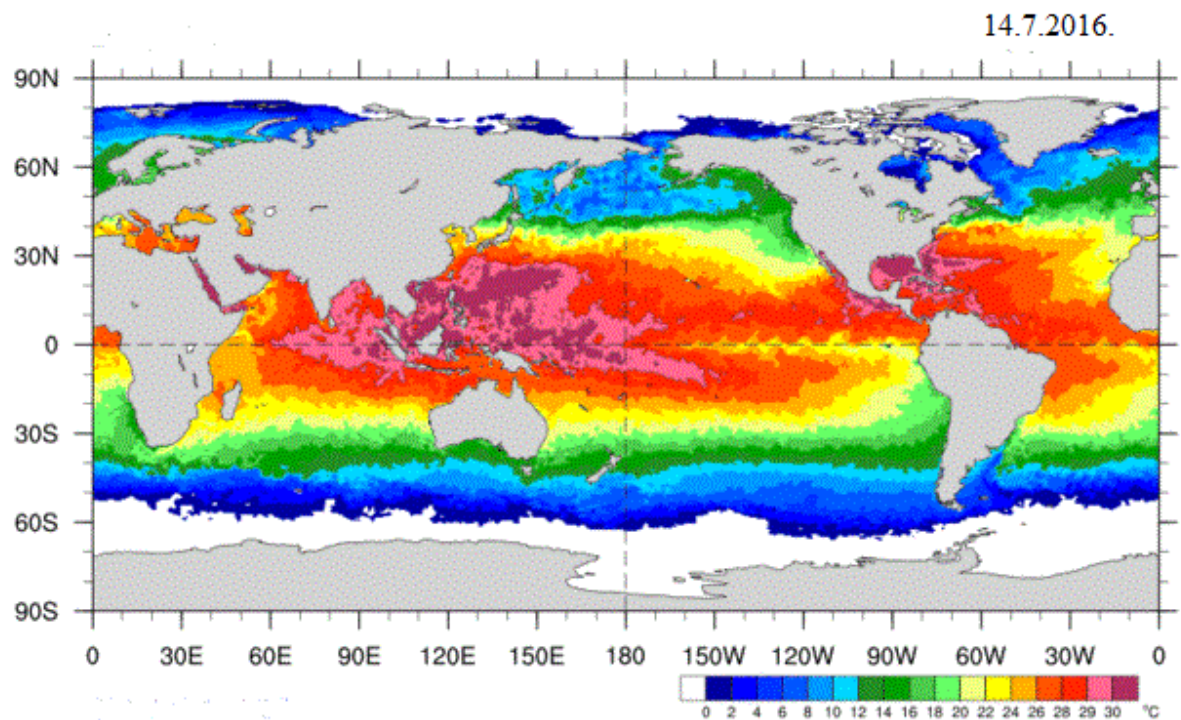
Sl. 7. Broj tropskih ciklona u Atlantiku od 1931. do 2016., (neprekinuta brzina vjetera u 1 minuti veća od 119 km/h) i trogodišnji pokretni srednjaci

Izvor: izradio autor, podatci(National Hurricane center, NOAA)

U ovom razdoblju najviše tropskih ciklona javilo se 2005., njih 15, a najmanje ih se javilo 1982. i 2013., samo 2 tropska ciklona. Pogledom na grafikon može se uočiti da su u posljednjih desetak godina postojale godine s vrlo velikim i s vrlo malenim brojem tropskih ciklona u odnosu na prosjek. Pokretni srednjaci upućuju na to da je bilo nekoliko aktivnijih kraćih razdoblja. Neka od tih razdoblja izražena su zbog jedne izuzetno aktivne godine. Ipak i pokretni srednjaci upućuju na veći broj tropskih ciklona u posljednjih 20-ak godina, uz vidljiv pad od 2012. godine.

Vidljivo je da se javlja manje tropskih ciklona nego u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika. Godišnji prosjek javljanja u Atlantiku od 1959. do 2015. iznosi oko 6 tropskih ciklona, u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika godišnji prosjek je oko 17 tropskih ciklona za isto razdoblje.

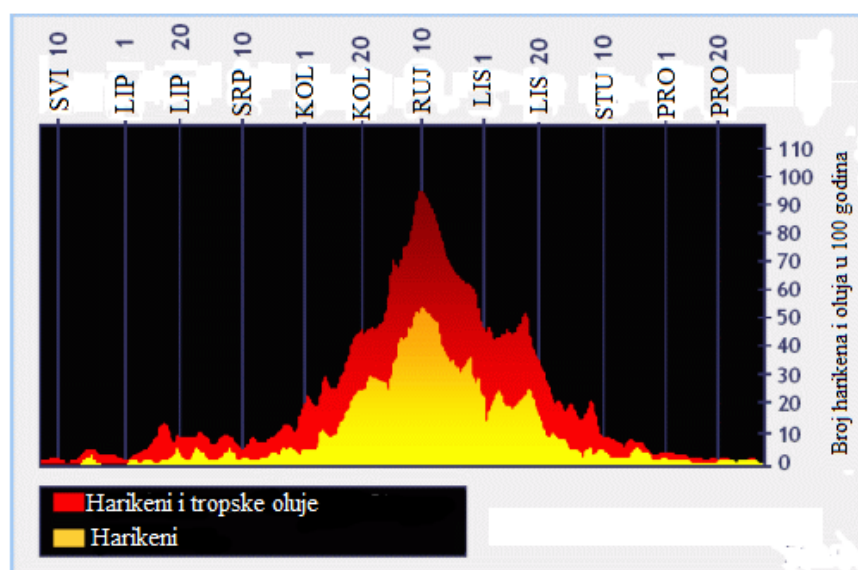
U Pacifiku se javlja više tropskih ciklona jer su temperature površine mora nešto više, i sama površina najtoplijeg dijela oceana je veća nego u Atlantiku (sl. 8). U Atlantiku su i promjene temperature vode tijekom godine nešto veće, a i zrak je suši nego u Pacifiku.



Sl. 8. Temperature površine oceana u srpnju

Izvor: Merserau, 2016

U Atlantiku postoji sezona javljanja tropskih ciklona i ona traje od 1. lipnja do 30. listopada. Vjerojatnost da se tropski ciklon pojavi izvan te sezone je vrlo malena. Vrhunac sezone je od sredine kolovoza do kraja listopada (sl 9).



Sl. 9. Broj tropskih oluja i harikena po mjesecima u Atlantiku u 100 godina

Izvor: National Hurricane Center, NOAA

Godine 2005., kada je bilo najviše harikena u Atlantiku otkad postoje podatci, javilo se niz snažnih harikena koji su imali izrazito negativne posljedice na društvo i gospodarstvo. Jedan od njih je bio i hariken Katrina koji se smatra najskupljom prirodnom katastrofom u SAD-u. Hariken Katrina nastao je krajem kolovoza što je u vrhuncu sezone stvaranja tropskih ciklona. Obično snažniji harikeni nastaju u vrhuncu sezone. Iste godine javio se i najsnažniji hariken u Atlantiku do tada - hariken Wilma. Godina 2005. u Atlantiku mogući je pokazatelj da postoji mogućnost javljanja većeg broja tropskih ciklona zagrijavanjem mora. Te je godine temperatura vode u tropskom dijelu Atlantskog oceana bila najviša u posljednjih 150 godina (Foltz i McPhaden, 2006).

Tada se javilo 15 harikena. Dosta veliki broj harikena javio se i 2010., njih 12, 2015. godine bilo ih je manje, samo njih 4. Godine 2005. javilo se i najveći broj tzv. *major hurricane*. To su harikeni koji su na Saffir-Simpsonovoj ljestvici označeni brojem 3 ili više.

U godini koja je još u tijeku, 2017., u Atlantskom oceanu dosad se javilo 6 harikena. To je već prosječan broj harikena, a sezona još nije ni gotova. Hariken Harvey bio je prvi *major hurricane* koji je došao do kopna SAD-a od 2005. godine. Kad je došao do savezne države Teksas, bio je 4. kategorije. Dugo se zadržao nad područjem Teksasa jer je bio stacionaran hariken. Donio je obilne kiše i jak vjetar te postao jedan od najrazornijih harikena (sl. 10a i 10b).





Sl. 10a i 10b. Posljedice harikena Harvey

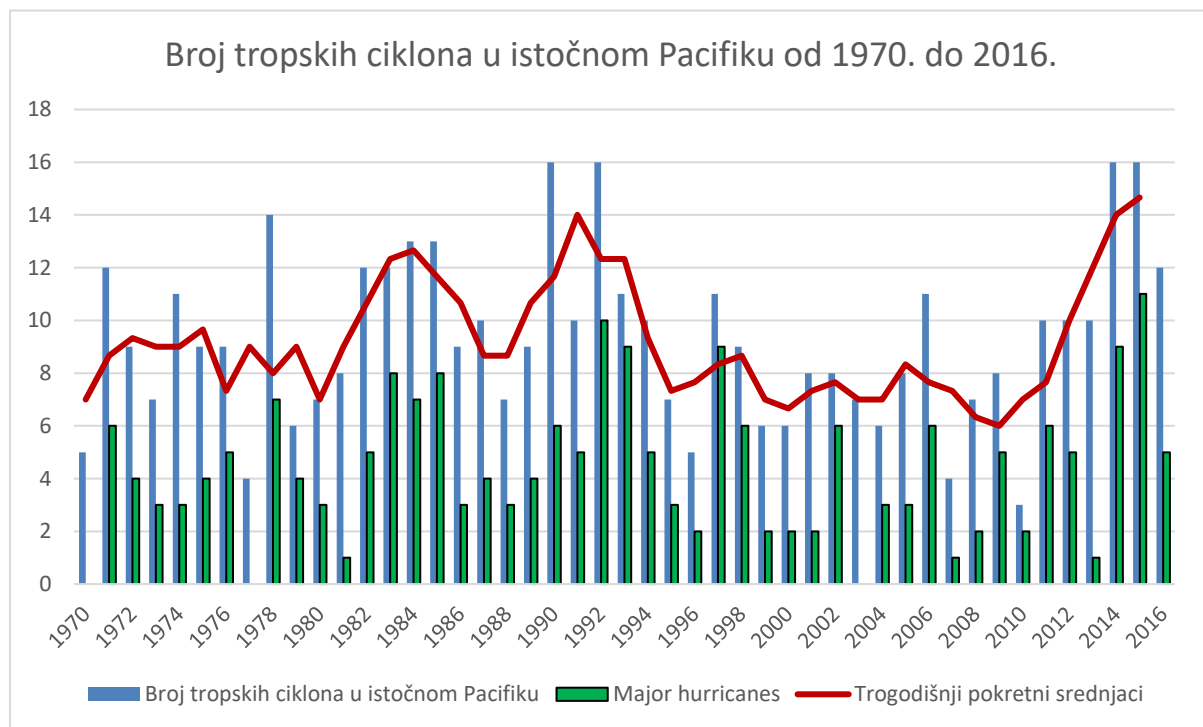
Izvor: TheAtlantic

Nedugo nakon Harveya u Atlantskom oceanu nastao je hariken Irma. Irma je najsnažniji hariken u Atlantiku izvan Meksičkog zaljeva i Karipskog mora dosad i jedan od najsnažnijih tropskih ciklona uopće. Irma je hariken koji je najdulje zadržao status kategorije 5, s brzinama vjetra i do 300 km/h. Nanijela je štetu karipskim otocima, Barbudi, Svetom Martinu, Portoriku i nekim drugim. Kada je došla do Floride oslabila je. U isto vrijeme u Atlantskom oceanu su se formirala još dva harikena što je dovelo do toga da su bila prisutna 3 harikena istovremeno. To su, uz Irmu, bili Jose koji ima sličnu putanju i Katia u Meksičkom zaljevu. Tekuća godina, 2017., je dosta aktivna godina u Atlantiku, a dijelom i zbog toga što je ocean topliji od prosjeka.

5.3. Tropski cikloni u ostalim dijelovima sjeverne hemisfere

Postoje još 4 značajnija područja nastanka tropskih ciklona. Od toga su dva na sjevernoj hemisferi, a dva na južnoj. Na sjevernoj hemisferi to su pacifička obala Meksika i pučina sjevernog Pacifika ispred nje te sjeverni dio Indijskog oceana, osobito Bengalski zaljev, a manje Arapsko more.

U istočnom Pacifiku uz obalu Meksika naziv za tropske ciklone je hariken. Oni su sličnih obilježja kao harikeni u Atlantiku, a sezona im je otprilike u isto vrijeme u oba područja, ali ovdje su se u posljednjih 50-ak godina javljali nešto češće. Kao i u ostalim dijelovima svijeta, neki ne dođu do kopna pa nisu toliko opasni. Prosjek za ovo područje od 1970. do 2016. iznosi oko 9 harikena godišnje dok za isto razdoblje u Atlantiku prosjek iznosi oko 6 harikena godišnje.



Sl. 11. Broj tropskih ciklona i „major hurricanesa“ u istočnom Pacifiku od 1970. do 2016., (neprekinuta brzina vjetra u 1 minuti veća od 119 km/h) i trogodišnji pokretni srednjaci

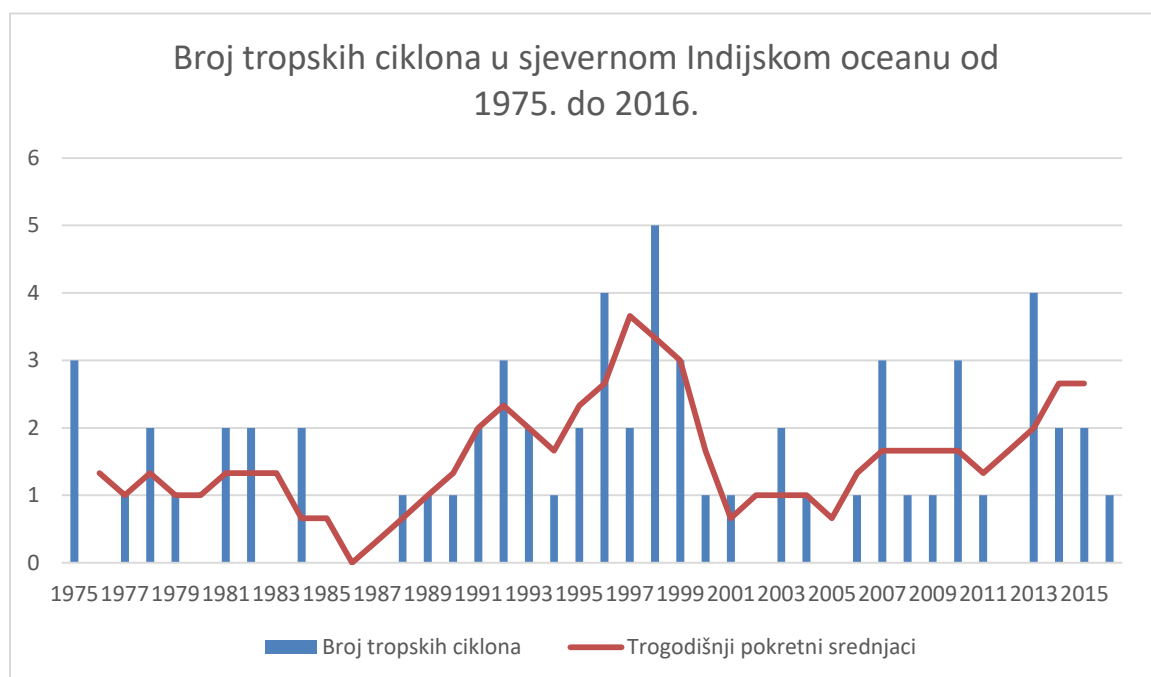
Izvor: izradio autor, podatci (Unisys Weather)

Grafikon pokazuje čestinu harikena u istočnom Pacifiku u posljednjih 50-ak godina. Prikazano je i koliko je harikena prešlo u *major hurricane*. Tako je, na primjer, 1971. bilo 12 harikena od čega je njih 6 dostiglo snagu *major hurricane*. Vidi se jedno aktivnije područje početkom 1990-ih, ali i u posljednje 3 godine. Pokretni srednjaci, osim na ta dva razdoblja, ukazuju i na aktivnije razdoblje 80-ih godina. Usporedbom ovoga i grafikona Atlantskog oceana (sl. 7) uočavaju se neke razlike. Godina 2005., koja je u Atlantiku bila najaktivnija godina, u ovom području nije bila baš toliko aktivna. S druge strane, 2014. godina je u istočnom Pacifiku bila puno aktivnija nego u Atlantiku.

To nam pokazuje da tropski cikloni imaju različita svojstva u različitim dijelovima svijeta u istim godinama što ukazuje na složenost onoga što utječe na njih.

U sjevernom dijelu Indijskog oceana tropski cikloni se jednostavno nazivaju ciklon, češći su u Bengalskom zaljevu nego u Arapskom moru. U Bengalskom zaljevu javili su se i neki od najsmrtonosnijih tropskih ciklona, a to je zbog toga što se tu nalaze neke od najsiromašnijih država s niskom obalom, poput Bangladeša. U sjevernom dijelu Indijskog oceana tropski cikloni nisu toliko česti. Mogu se javiti u bilo kojem dijelu godine, a najčešće se javljaju od travnja do prosinca.

Nekoliko studija pokazalo je da postoji trend smanjenja aktivnosti tropskih ciklona u ovom području, ali s druge strane postoje istraživanja koja ukazuju na povećanje snage i proporcija tropskih ciklona u ovom području od 1975. god. Brzina vjetra tropskih ciklona povećala se u Bengalskom zaljevu, a smanjila u Arapskom moru. To je zaključeno istraživanjem tropskih ciklona koji su se javljali u razdoblju od 1961. do 2008. Sve ove promjene povezuju se s klimatskim promjenama i čovjekovim utjecajem (Walsh i dr., 2015).



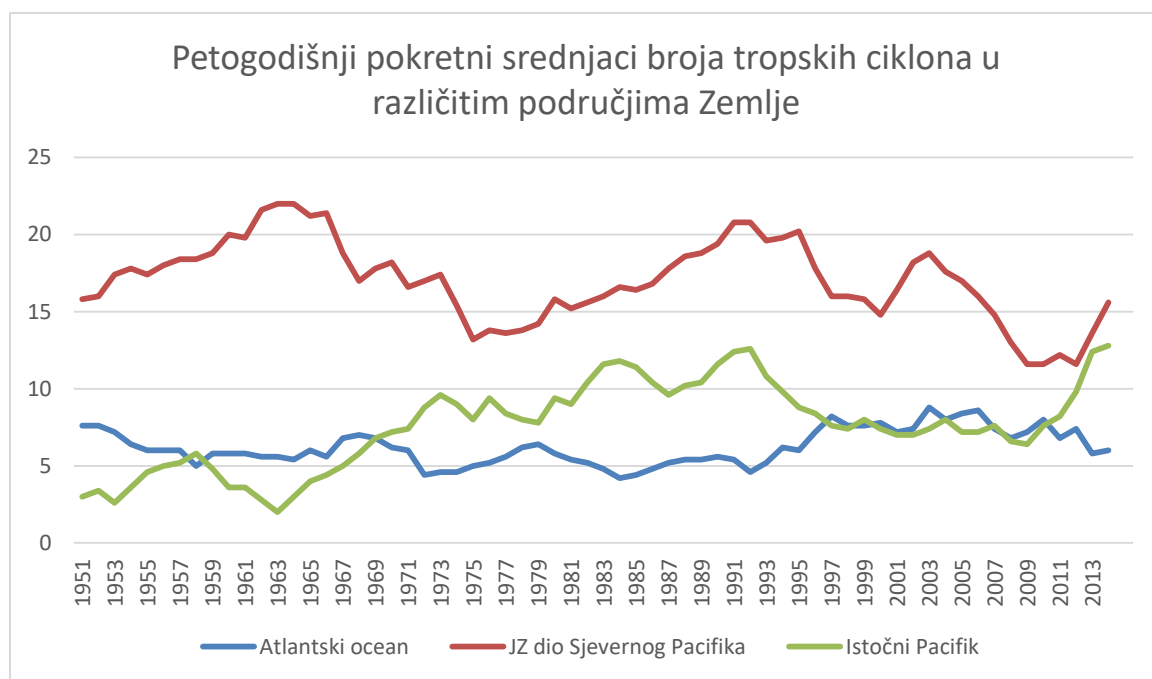
Sl. 12. Broj tropskih ciklona u sjevernom Indijskom oceanu od 1975. do 2016., (neprekinuta brzina vjetra u 1 minuti veća od 119 km/h) i trogodišnji pokretni srednjaci

Izvor: izradio autor, podatci: Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center

Na grafikonu se ne vidi porast ili pad broja tropskih ciklona u posljednjih 40-ak godina.

Ističe se 1998. godina s 5 tropskih ciklona. 1980-ih godina su bile 3 godine za redom bez tropskog ciklona. Pokretni srednjaci upućuju da je kraj 1990-ih godina najaktivnije razdoblje. Prosječno se godišnje javi 1,5 tropski ciklon. Najsnažniji tropski ciklon u ovom području bio je 1999. godine. Mnogi tropski cikloni su katastrofalni na ovom području zbog niskih obala i izdizanja mora olujnim valom.

Prikazom broja tropskih ciklona pokretnim srednjacima za više područja možemo vidjeti postoje li određena preklapanja (sl. 13)



Sl. 13. Broj tropskih ciklona u Atlantskom oceanu, JZ dijelu sjevernog Pacifika i istočnom Pacifiku od 1951. do 2013. petogodišnjim pokretnim srednjacima

Izvor: izradio autor, podatci(Naval Oceanography Portal, Joint Typhoon Warning Center i Unisys Weather)

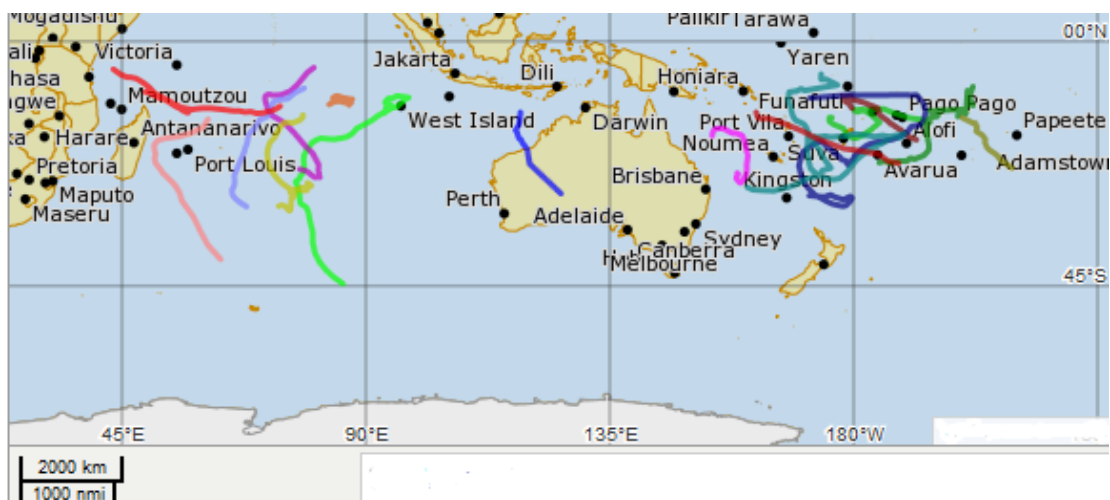
Pogledom na grafikon vidimo da ne postoje očita preklapanja. U JZ dijelu sjevernog Pacifika postoje dva maksimuma, 1960-ih i 1990-ih. Manje aktivno razdoblje je bilo između tih godina. Vidi se i pad broja tropskih ciklona u novije vrijeme. U Atlantiku su odstupanja najmanja, vidi se porast broja tropskih ciklona u novije vrijeme, ali ne značajan. U Istočnom Pacifiku se vidi jedno izrazito aktivnije razdoblje od 1970-ih do 2000. Razdoblje od 1951. do 1970. je vidljivo manje aktivno nego i jedno drugo u istočnom Pacifiku. U JZ dijelu sjevernog Pacifika su odstupanja veća jer se javlja veći

broj tropskih ciklona.

5.4. Tropski cikloni na južnoj hemisferi

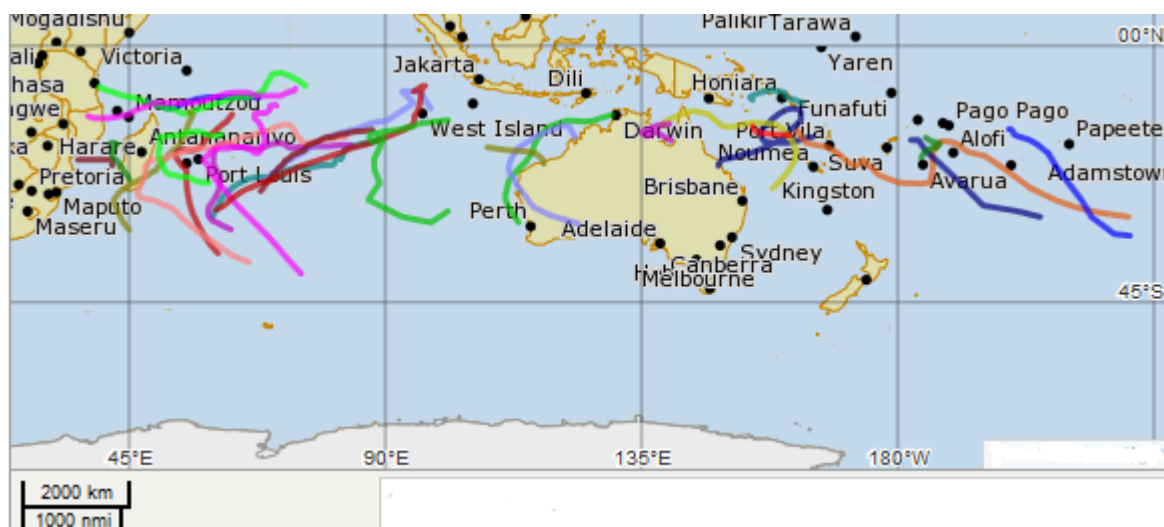
Ostala dva veća područja stvaranja tropskih ciklona, južni dio Indijskog oceana od Mozambičkog kanala i Madagaskara do oko 90° E ili do obale Australije i južni Pacifik od Australije do oko 140° W, nalaze se na južnoj hemisferi. Tamo sezona tropskih ciklona uglavnom traje od studenog do svibnja te se proteže kroz dvije kalendarske godine. Na južnoj hemisferi tropski cikloni se javljaju rjeđe nego na sjevernoj jer je more hladnije i vjetrovitije. To je posljedica raspodjele kopna i mora. Južnu hemisferu dodatno rashlađuje i Antarktika. Godišnje ih se u prosjeku javi oko 14 na cijeloj južnoj hemisferi (NOAA).

Pri analiziranju podataka utvrđeno je da godina tropskih ciklona na južnoj hemisferi traje od 1. srpnja do 30. lipnja. Tako se, na primjer, kad se žele dobiti neki podatci ili vidjeti koliko je aktivna bila jedna sezona, ne gleda broj tropskih ciklona u 2015. godini nego u drugoj polovici 2015. i prvoj polovici 2016. godine. Upravo zbog toga je malo teže prikupiti podatke o broju tropskih ciklona u npr. južnom Pacifiku jer se negdje prikazuju podatci za kalendarsku godinu, a negdje za godinu tropskih ciklona. Osim toga, različite države imaju različite kriterije za to što je tropski ciklon, a što nije pa dolazi do dodatnih komplikacija prilikom pokušaja analiziranja ili uspoređivanja broja tropskih ciklona. Prema australskoj vladinoj agenciji *Bureau of Meteorology* u kategoriju tropskog ciklona ulaze i oni poremećaji s brzinom vjetera manjom od 119 km/h. Tropski cikloni na južnoj hemisferi uglavnom se zadržavaju u području od 5° S do 40° S (sl. 14 i 15).



Sl. 14. Putanje tropskih ciklona na južnoj hemisferi u sezoni 2015./16.

Izvor: Australian Bureau of Meteorology



Sl. 15. Putanje tropskih ciklona na južnoj hemisferi u sezoni 1969./70.

Izvor: Australian Bureau of Meteorology

Slike 14. i 15. prikazuju putanje tropskih ciklona na južnoj hemisferi u dvjema različitim godinama. Prikazani su svi poremećaji koji ulaze u kategoriju tropskog ciklona prema australskoj vladinoj agenciji *Bureau of Meteorology*. Možemo primijetiti da je jedne godine Indijski ocean bio aktivniji od Pacifičkog i obratno. Ponekad se u Indijskom oceanu javljaju oscilacije temperature pa istočni dio bude hladniji te se tamo formira manje tropskih ciklona. Javlja se neobično snažan vjetar koji toplu vodu s površine Indijskog oceana otpuhuje prema Africi pa dolazi do izdizanja hladne vode u istočnom dijelu Indijskog oceana i on se rashladi.

Kad se govori o tropskim ciklonima na južnoj hemisferi, zanimljivo je spomenuti jedan fenomen. Godine 2004. se, prvi i jedini put otkad postoje podatci, javio tropski ciklon u južnom Atlantiku, ispred obale Brazila. Bio je to hariken Catarina. Dotada se uopće nije pokušalo istražiti jesu li se tropski cikloni javljali u tom području. Smatralo se da nisu pa se moglo nagađati i povezati nastanak tropskog ciklona s klimatskim promjenama. Upravo zbog manjka istraživanja nije bilo lako odmah odrediti zašto je nastao ovaj tropski ciklon te je li povezan s klimatskim promjenama.

Iako lako možemo pomisliti da tamo ne nastaju tropski cikloni jer je voda prehladna, to nije samo zbog toga. Tropski cikloni u južnom Atlantskom oceanu ne nastaju i zato što je smicanje vjetera prejako i iznad tog dijela oceana nema intertropske zone konvergencije, tj. pomaknuta je sjevernije.

Voda u većini južnog Atlantika uistinu jest hladnija od 26.5 °C zato što hladna falklandska struja ima veći utjecaj od tople brazilske struje. Nakon pojave prvog poznatog tropskog ciklona počela su istraživanja o njima na području južnog Atlantika i pokazalo se da postoji određeni ciklus u južnom Atlantiku koji traje oko 25 do 30 godina. Ciklus obilježavaju promjene u snazi zonalnih zapadnih vjetrova. Obično su ti vjetrovi jedan od čimbenika koji sprječavaju nastanak tropskih ciklona. Moguće je da su izmjene koje su dio toga ciklusa posljednjih godina bile takve da su omogućile lakši nastanak tropskog ciklona. U ožujku 2004. falklandska struja bila je oslabljena te je izoterma od 22 °C u oceanu bila pomaknuta prema jugu i postojali su uvjeti koji su pogodovali nastanku tropskog ciklona. Zanimljivo je da je 2005. godine utjecaj falklandske struje bio još manji, ali nije nastao tropski ciklon (Evans and Braun, 2012). U ožujku 2004. godine razvila se oluja koja je zahvaljujući malom smicanju vjetra i iznadprosječno visokoj temperaturi površine oceana prešla u tropski ciklon, tj. hariken. Hariken je imao najveću brzinu vjetra od 155 km/h, a kada je došao iznad kopna brzo je nestao. Uzrokovao je velike štete zbog obilnih kiša i vala vode koji je došao s njim. Stanovništvo nije bilo pripremljeno, a to nam pokazuje koliko bi bilo opasno naglo povećanje broja tropskih ciklona i njihova pojava na mjestima gdje se obično ne pojavljuju. Nije bilo puno ljudskih žrtava, ali je materijalna šteta bilo oko 400 milijuna američkih dolara. Do stvaranja ovog harikena došlo je zbog poklapanja raznih faktora i bilo je odstupanja u atmosferi. Ipak postoje određena nagađanja kako je nastajanje ovog harikena povezano s klimatskim promjenama, ali ništa nije potvrđeno. Mnogi pak povezuju nastanak ovog harikena s oscilacijama na južnoj hemisferi. Ipak, još veće zagrijavanje Atlantskog oceana u tom dijelu bi zasigurno poticalo razvoj tropskih ciklona, ali na temelju nastanka samo jednog tropskog ciklona ne možemo zaključiti da je nastao zbog klimatskih promjena jer možda su nastajali na ovom području i prije dok nisu postojali podatci. Zbog toga valja pogledati aktivnost oluja na ovom području u prošlosti.

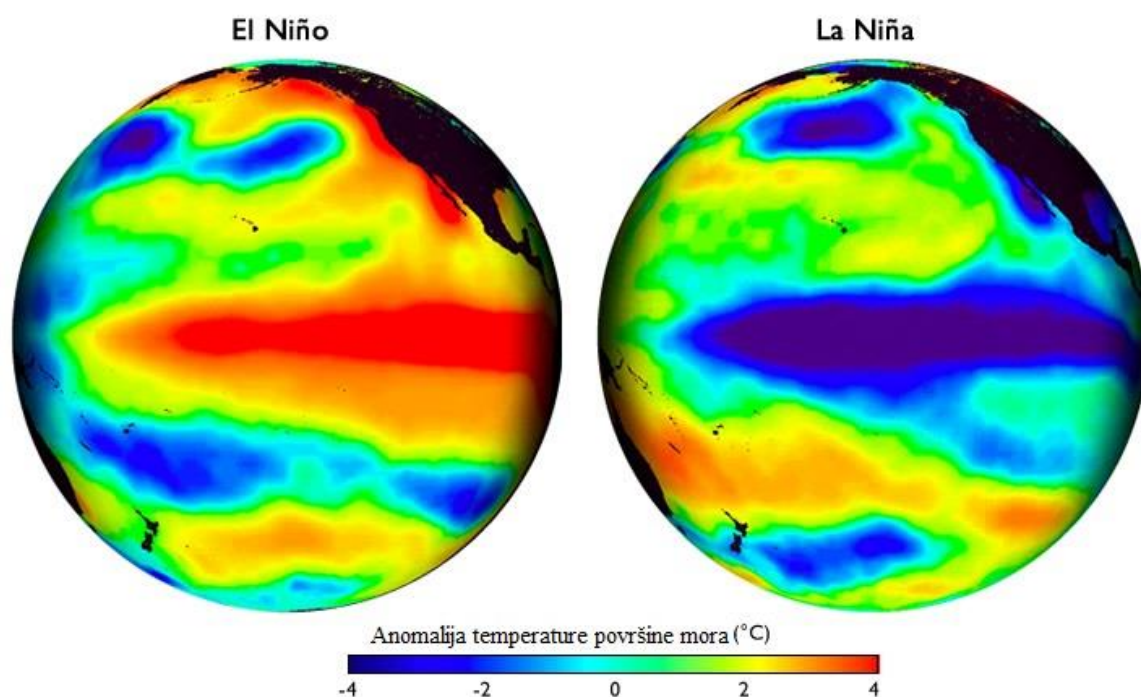
Od 1957. do 2007. god. u južnom Atlantiku su nastala 63 poremećaja, a samo jedan je prešao u tropski ciklon (Evans and Braun, 2012).

Do donošenja zaključaka o ovome tropskom ciklonu možda valja pričekati rezultate još nekih istraživanja, a do tada je teško predvidjeti utjecaj klimatskih promjena na moguće nastajanje tropskih ciklona u budućnosti na ovom području. Jedan slučaj nije dovoljan da bi zaključci bili mogući pogotvo kada se govori o složenoj pojavi kao što su tropski

cikloni.

6. UTJECAJ EL NIÑA NA TROPSKE CIKLONE

El Niño južna oscilacija (ENSO) je klimatska pojava u kojoj dolazi do međusobnog djelovanja oceana i atmosfere. El Niño karakterizira povećanje temperature površine mora, obično od 1 do 3 stupnja celzijusa, u istočnom Pacifiku. Taj porast, iako se možda čini malen, povlači za sobom niz procesa. Javljaju se izmjene u polju tlaka zraka pa zato i pasati znatno oslabe. Također, postoji i suprotan fenomen pri kojemu je površinska temperatura mora niža od uobičajene i pri kojoj pasati jačaju, a naziva se La Niña. Postoji i treća, normalna, tj. neutralna faza. Ove oscilacije imaju utjecaj na klimu cijelog planeta pa tako i na javljanje tropskih ciklona.



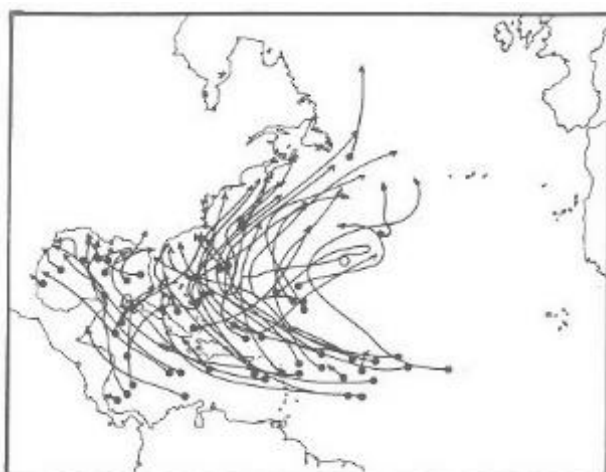
Sl. 16. El Niño i La Niña

Izvor: NOAA

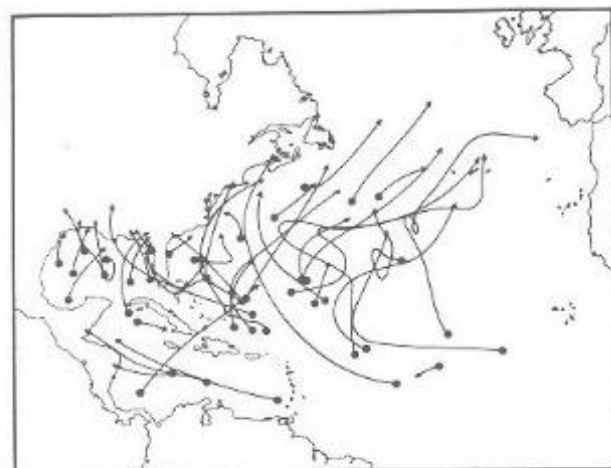
6.1. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u Atlantskom oceanu

U Atlantskom oceanu broj tropskih ciklona manji je tijekom El Niño faze (sl. 17), a veći tijekom La Niña faze. To se dovodi u vezu s tim što je različito vertikalno smicanje vjetra i stabilnost atmosfere u tim različitim fazama. Osim zagrijavanja istočnog Pacifika, tj. onog područja koje se veže uz El Niño, nedavna istraživanja su pokazala da postoje i oscilacije u zagrijavanju ostalih dijelova Pacifika pa tako i njegovog središnjeg dijela. Istraživanja su pokazala da je broj tropskih ciklona u Atlantiku veći prilikom

zagrijavanja središnjeg Pacifika, nego prilikom zagrijavanja istočnog dijela, odnosno El Niña. Zagrijavanje pojedinog dijela Pacifika utječe i na to gdje će se stvarati cikloni u Atlantiku i kakva će biti njihova putanja. Godine 2004. kad se pretpostavljalo da će biti slabija aktivnost tropskih ciklona u Atlantiku zbog El Niña, aktivnost je bila veća od prosjeka. Ista situacija dogodila se i 2002. te se dovodi u vezu sa zagrijanim središnjim Pacifikom (Kim i dr., 2009).



Putanje tropskih ciklona iz 14 godina u kojima nije bilo El Niña



Putanje tropskih ciklona iz 14 El Niño godina

Sl. 17. Putanje tropskih ciklona tijekom i izvan El Niño godina

Izvor: NOAA

Ako se gledaju godine od 1925. do 1997., tada je bilo njih 22 s prisutnim El Niňom, 29 neutralnih i 22 s prisutnom La Niňom (tab.2).

El Niño godine	La Niña godine
1925., 1929., 1930., 1940., 1941., 1951., 1953., 1957., 1963., 1965., 1969., 1972., 1976., 1977., 1982., 1986., 1987., 1990., 1991., 1993., 1994., 1997.	1933., 1938., 1942., 1945., 1948., 1949., 1950., 1954., 1955., 1956., 1961., 1964., 1967., 1970., 1970., 1973., 1974., 1975., 1978., 1988., 1995.

Tab. 2. El Niño i La Niña godine u razdoblju od 1925 do 1997.

Izvor: izradio autor, podatci (Pielke Jr. i Landsea, 1999)

Zanimljivo je usporediti ovu tablicu sa slikom koja pokazuje broj tropskih ciklona u sjevernom Atlantiku za slično razdoblje (sl. 7). Većina godina s većim brojem tropskih ciklona bile su La Niña, ali opet postoje nepravilnosti.

6.2. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u JZ dijelu sjevernog Pacifika

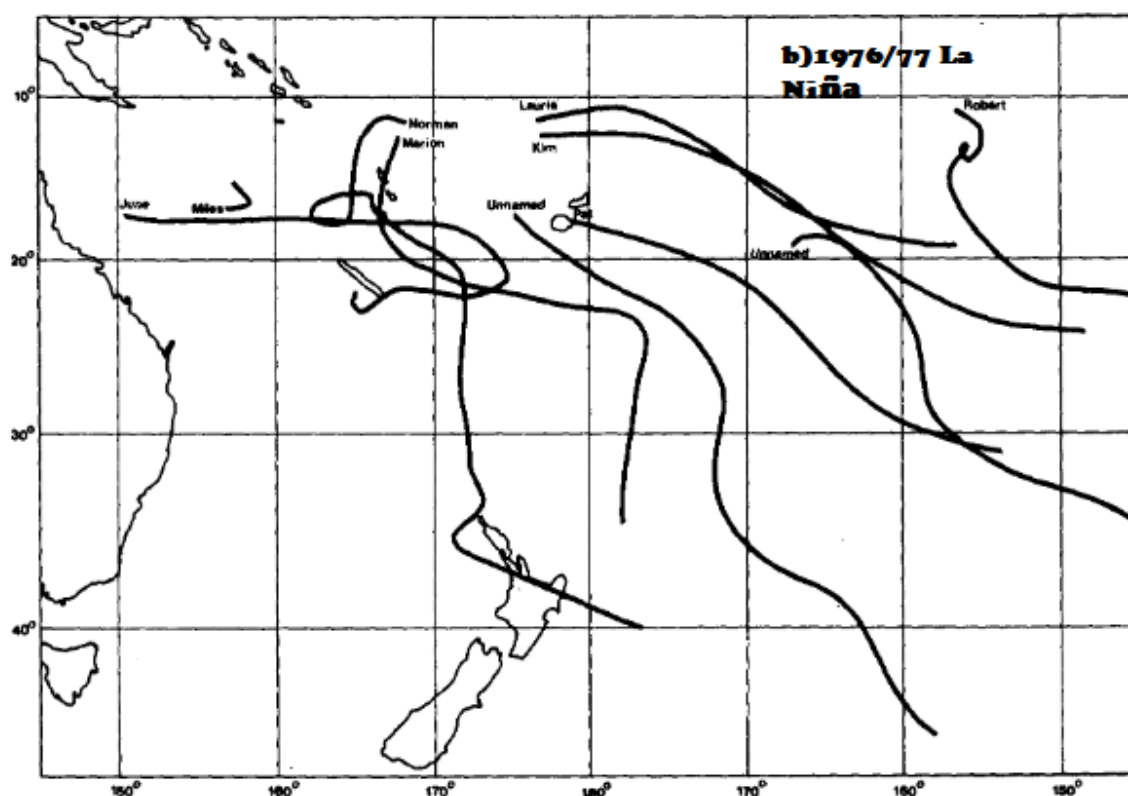
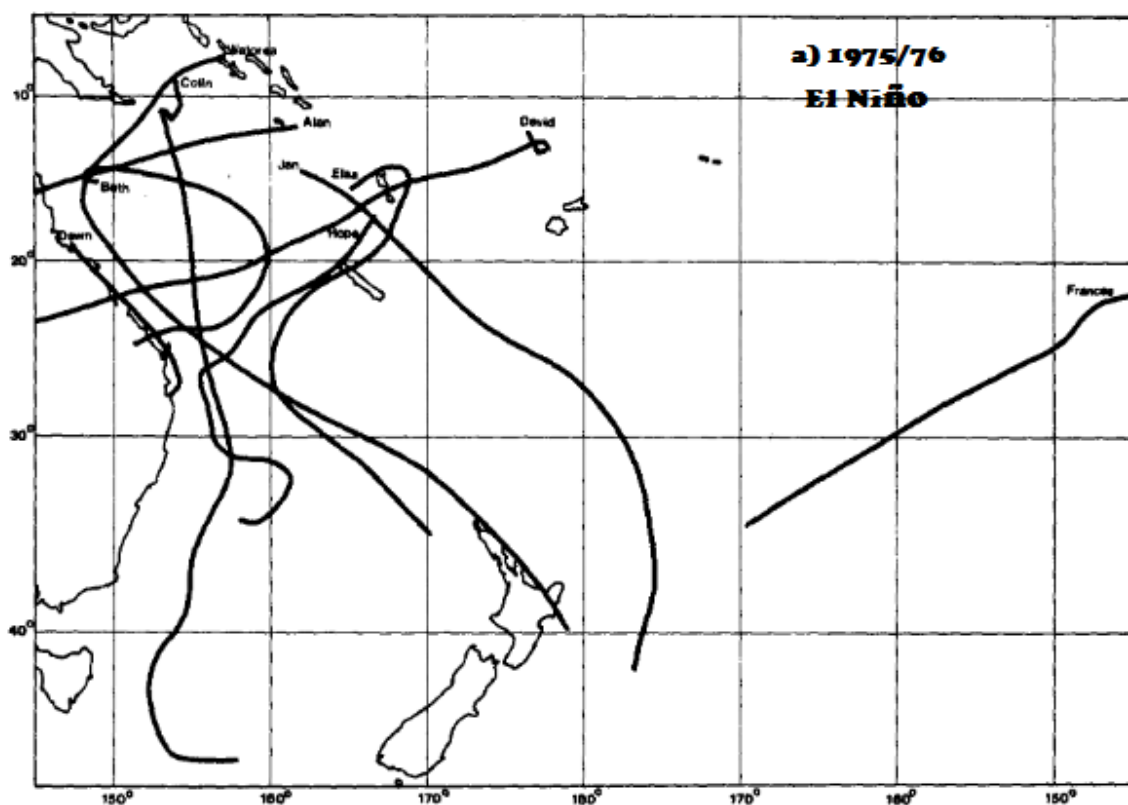
U jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika dolazi do promjene lokacije nastanka i kretanja tropskih ciklona više nego do promjene njihovog broja tijekom različitih faza El Niño južne oscilacije. Tijekom El Niño faze zapadno od 160° E nastaje manje tropskih ciklona nego inače, a više ih nastaje između 160° E i datumske granice, obratno je tijekom La Niña faze. Tijekom El Niño faze tropski cikloni nastaju bliže ekvatoru nego inače (Landsea, 2005).

U godini koja prethodi El Niño godini više tropskih ciklona u ovom području javlja se u rujnu i listopadu iznad Južnog kineskog mora, a manje njih jugozapadno od Japana u ta ista dva mjeseca. U El Niño godini tropskih ciklona je u rujnu i listopadu manje nego inače, osobito iznad Južnog kineskog mora, a na istočnom dijelu JZ Pacifika je pred kraj sezone čestina tropskih ciklona nešto veća. U godini nakon El Niña aktivnost u cijelom području je nešto manja. Tijekom La Niña godine aktivnost tropskih ciklona u rujnu i listopadu povećana je u Južnom kineskom moru, a u ostalom dijelu jugozapada sjevernog Pacifika aktivnost je povećana od kolovoza do studenoga (Chan, 2000). El Niño također utječe na to koliko tropskih ciklona u ovom području će doći na kopno. Tijekom El Niño faze broj tropskih ciklona koji u rujnu, listopadu i studenome dolaze do kopna je značajno smanjen. Korejski poluotok i Japan su iznimke gdje broj tropskih ciklona nije značajno smanjen. Tijekom „La Niña godina“ broj tropskih ciklona koji dolaze na kopno je povećan, osobito u Kini. To se povezuje s lokacijom nastanka većine tropskih ciklona koja je različita u tim dvjema fazama (Wu i dr., 2003).

Utjecaj El Niño oscilacije na tropske ciklone u jugozapadnom dijelu sjevernog Pacifika manji je nego u Atlantiku. Aktivnost tropskih ciklona je uglavnom smanjena tijekom „El Niño godina“ u oba područja.

6.3. Utjecaj El Niña na aktivnost tropskih ciklona u ostalim dijelovima svijeta

U južnom Pacifiku broj tropskih ciklona tijekom El Niña je u određenim dijelovima povećan, a u drugima smanjen. Više ih nastaje između 145° E i 165° E, a manje istočno od 165° E (sl. 18). Utjecaj El Niña nije toliko izražen u čestini koliko u rasporedu tropskih ciklona. Tijekom El Niña i ovdje postoje veće mogućnosti da se tropski cikloni formiraju u područjima bliže ekvatoru. Do obratnih prilika dolazi tijekom La Niña faze (Revell i Goulter, 1986).



Sl. 18. Putanje tropskih ciklona tijekom El Niño (a) i La Niña (b) faze u južnom Atlantiku

Izvor: Revell i Goulter, 1986

U istočnom Pacifiku nije utvrđena značajnija povezanost s El Niňom ili nije još dovoljno istražena. Smatra se da se možda javlja više tropskih ciklona tijekom El Niňa u zapadnom dijelu istočnog Pacifika, dakle dalje od kopna. U Indijskom oceanu također ne postoji značajnija povezanost s El Niňom ili još nije istražena.

7. ZAKLJUČAK

Tropski cikloni u svijetu se javljaju u nekoliko područja i svugdje imaju slična obilježja. U njihovoj čestini obično postoje odstupanja od dugogodišnjih prosjeka, jedne godine ih može biti malo, a iduće godine puno više. Javljaju se nad toplijim dijelovima oceana i zbog toga se smatra da se klimatskim promjenama koje uključuju i zagrijavanje oceana može povećati njihova čestina. Iako postoji određeno povećanje broja tropskih ciklona u nekim dijelovima svijeta, ne može se sa sigurnošću reći koliko klimatske promjene do sada utječu na to. Možda će taj utjecaj u budućnosti biti veći. Brojke iz vremena otkad postoje podatci nam jasno pokazuju čestinu tropskih ciklona. Ne možemo reći da su se od neke određene godine počeli javljati češće ili rjeđe. Što se tiče jačine tropskih ciklona, pokazalo se da je jakih tropskih ciklona bilo prije kao i danas, no daljnjim se zagrijavanjem može javljati više jakih tropskih ciklona. Da postoje podatci za davnija razdoblja, bilo bi moguće usporediti neka dva dulja razdoblja, a zasigurno bi se lakše mogli donositi i određeni zaključci.

Već pogledom na jedan od čimbenika koji utječu na tropske ciklone, a to je El Niño južna oscilacija, vidimo da postoje složeni čimbenici koji imaju utjecaj na čestinu tropskih ciklona. Postoji toliko procesa na Zemlji koji su međusobno povezani, a imaju utjecaj na klimu, pa je pitanje kako se ti procesi mijenjaju i kakav je konačni utjecaj tih mogućih promjena na tropske ciklone.

U istraživanju tropskih ciklona javljaju se različita mišljenja i stoga zaključke treba donositi s oprezom. Ne može se reći da je došlo do znatnijeg povećanja broja tropskih ciklona. Neki tropski cikloni u prošlom ili ovom stoljeću su imali i razorniji utjecaj jer je značajno izmijenjena obala na mjestima koja pogađaju pa nema prirodne zaštite od poplave i vjetra. Još uvijek postoje i rasprave o tome događaju li se i u kojoj mjeri klimatske promjene. U ovom stoljeću javilo se nekoliko snažnijih tropskih ciklona, ali takvih pojava je bilo i prije pa ne možemo reći da se povećala jačina tropskih ciklona. Na Zemlji postoje promjene velikih razmjera u prirodnim procesima pa možemo zaključiti da se čestina tropskih ciklona konstantno mijenja i pod različitim utjecajima.

LITERATURA I IZVORI:

Literatura:

1. Bender, M.A., Knutson, T.R., Tuleya, R.E., Sirutis, J.J., Vecchi, G.A., Garner, S.T., Held, I.M., 2010: Modeled Impact of Anthropogenic Warming on the Frequency of Intense Atlantic Hurricanes, *Science* 22 Jan 2010: Vol. 327, Issue 5964, pp. 454-458
2. Chan, C.L.J., 2000: Tropical Cyclone Activity over the Western North Pacific Associated with El Niño and La Niña Events, *Journal of Climate*: Vol. 13, pp. 2960-2972
3. Evans, J.L., Braun, A., 2012: A Climatology of Subtropical Cyclones in the South Atlantic, *Journal of Climate*: Vol. 25, pp. 7328-7340
4. Foltz, G.R., McPhaden, M.J., 2006: Unusually warm sea surface temperatures in the tropical North Atlantic during 2005, *Geophysical Research Letters*, Vol. 33, Issue 19, pp 1-6
5. Gray, W.M., 1975: Tropical Cyclone Genesis in the Western North Pacific, *Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II* Vol. 55 (1977) No. 5 pp. 465-482
6. Kim, H., Webster, P.J., Curry, J.A., 2009: Impact of Shifting Patterns of Pacific Ocean Warming on North Atlantic Tropical Cyclones, *Science, New Series*, Vol. 325, No. 5936 (Jul. 3, 2009), pp. 77-80
7. Pielke Jr., R.A., Landsea, C.N., 1999: La Niña, El Niño and Atlantic Hurricane Damages in the United States, *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 80, No. 10, pp. 2027-2033
8. Revell, C.G., Goulter, S.W., 1986: South Pacific tropical cyclones and the Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*: Vol. 114, pp. 621-631
9. Royer, J.F, Chauvin, F., Timbal, B., Araspin, P., Grimal, D., 1998: A Gcm Study of the Impact of Greenhouse Gas Increase on the Frequency of Occurrence of Tropical Cyclones, *Climatic Change* (1998) Vol. 38, pp. 307-343
10. Schneider, S.H., Root, T.L., Mastrandrea, M.D., 2011: *Encyclopedia of Climate and Weather*, Second edition
11. Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, III. prerađeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb.
12. Walsh, K.J.E., McBride, J.L., Klotzbach, P.J., Balachandran, S., Camargo, S.J.,

Holland, G., Knutson, T.R., Kossin, J.P., Lee, T., Sobel, A., Sugi, M., 2015: Tropical cyclones and climate change, WIREs Clim Change 2016, Vol. 7, pp. 65–89

13. Wu, M.C., Chang, W.L., Leung, W.M., 2003: Impacts of El Niño–Southern Oscillation Events on Tropical Cyclone Landfalling Activity in the Western North Pacific, Journal of Climate: Vol. 17, pp. 1419-1428

Internetski izvori:

1. Disaster Readiness Portal, Cyclones (Tropical) – Introduction

disasterpreparednesscourse.com/disaster-hazards/cyclones-tropical/cyclones-tropical-introduction/ (7.9.2017.)

2. Naval Oceanography Portal,

metoc.ndbc.noaa.gov/web/guest/jtwc/annual-tropical-cyclone-reports (16.5.2017.)

3. National Hurricane center, National Oceanic and Atmospheric Administration, www.nhc.noaa.gov/climo/#bac (18.5.2017.)

4. Unisys, Hurricane/Tropical data www.weather.unisys.com/hurricane/ (18.5.2017.)

5. Australian Government, Bureau of Meteorology,

www.bom.gov.au/cyclone/history/tracks/ (20.8.2017.)

6. Landsea, C.N., 2005: Why doesn't the South Atlantic Ocean experience tropical cyclones?, www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/G6.html (21.8.2017.)

7. Landsea, C.N., n.d.: How does El Niño–Southern Oscillation affect tropical cyclone activity around the globe?, www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/G2.html (22.8.2017.)

8. Merserau, D., 2016: Why Are Hurricanes and Typhoons More Common in the Pacific mentalfloss.com/article/83562/why-are-hurricanes-and-typhoons-more-common-pacific (23.8.2017.)

9. Taylor, A., 2017: Photos: The Aftermath of Hurricane Harvey, www.theatlantic.com/photo/2017/08/photos-the-aftermath-of-hurricane-harvey/538143/ (8.9.2017.)

10. NASA, Irma (Atlantic Ocean), www.nasa.gov/feature/goddard/2017/irma-atlantic-ocean (8.9.2017.)

11. NASA, Global Temperature, climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/ (8.9.2017.)